VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА





Проф. К.Ф. ОГОРОДНИКОВ

Сколько звёзд на небе



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА
ВЫПУСК 66

Проф. К. Ф. ОГОРОДНИКОВ

СКОЛЬКО ЗВЁЗД НА НЕБЕ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1954

16-2-1

К. Ф. Огородников. Сколько звёзд на небе.

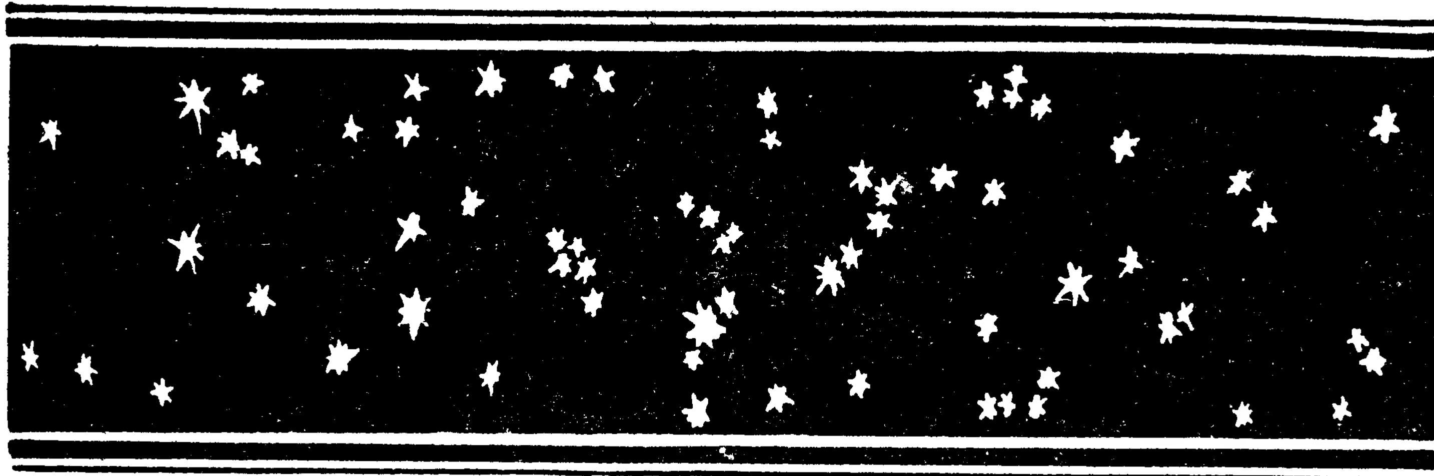
Редактор *В. А. Мезенцев.*

Техн. редактор *Р. А. Негримовская.* Корректор *Л. О. Сечейко.*

Сдано в набор 3/IX 1954 г. Подписано к печати 11/X 1954 г. Бумага 84 × 108 1/32. Физ. печ. л. 1,25. Условн. печ. л. 2,05. Уч.-изд. л. 2,04. Тираж 100 000 экз. Т-07703. Цена книги 60 коп. Заказ № 1750.

Государственное издательство технико-теоретической литературы.
Москва, Б. Калужская, 15.

Министерство культуры СССР. Главное управление полиграфической промышленности. Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова. Москва, Ж-54, Валовая, 28.



ВВЕДЕНИЕ

«Поле не меряно,
Овцы не считаны,
Пастух рогатый»

(Народная загадка)

В ясную, безоблачную ночь внимание человека всегда привлекает небо, усыпанное звёздами. Множество ярких звёзд, мерцая, блестит белым или чуть голубоватым светом. А сколько ещё на небе слабых, еле заметных звёздочек!.. Около многих из них существуют свиты планет, возможно даже обитаемых, населённых неведомыми существами... Перед глазами встаёт величественная картина неизмеримой бездны вселенной.

Хорошо выразил свои впечатления о звёздном небе великий русский учёный М. В. Ломоносов:

«Лицо своё скрывает день,
Поля покрыла мрачна ночь,
Взошла на горы чёрна тень,
Лучи от нас прогнала прочь.
Открылась бездна, звёзд полна;
Звездам числа нет, бездне дна.
...Уста премудрых нам гласят:
Там разных множество светов,
Несчётны солнца там горят,
Народы там и круг веков...»

Но ведь то, что́ мы видим невооружённым глазом — это лишь бесконечно малая часть звёздного неба. Возьмите обыкновенный полевой бинокль — и вы увидите в несколько десятков раз больше звёзд, чем видели

невооружённым глазом. Ещё больше звёзд можно рассмотреть в астрономическую трубу, даже небольшую.

Особенно много звёзд видно в тех частях неба, где проходит светлая, туманная полоса — Млечный Путь

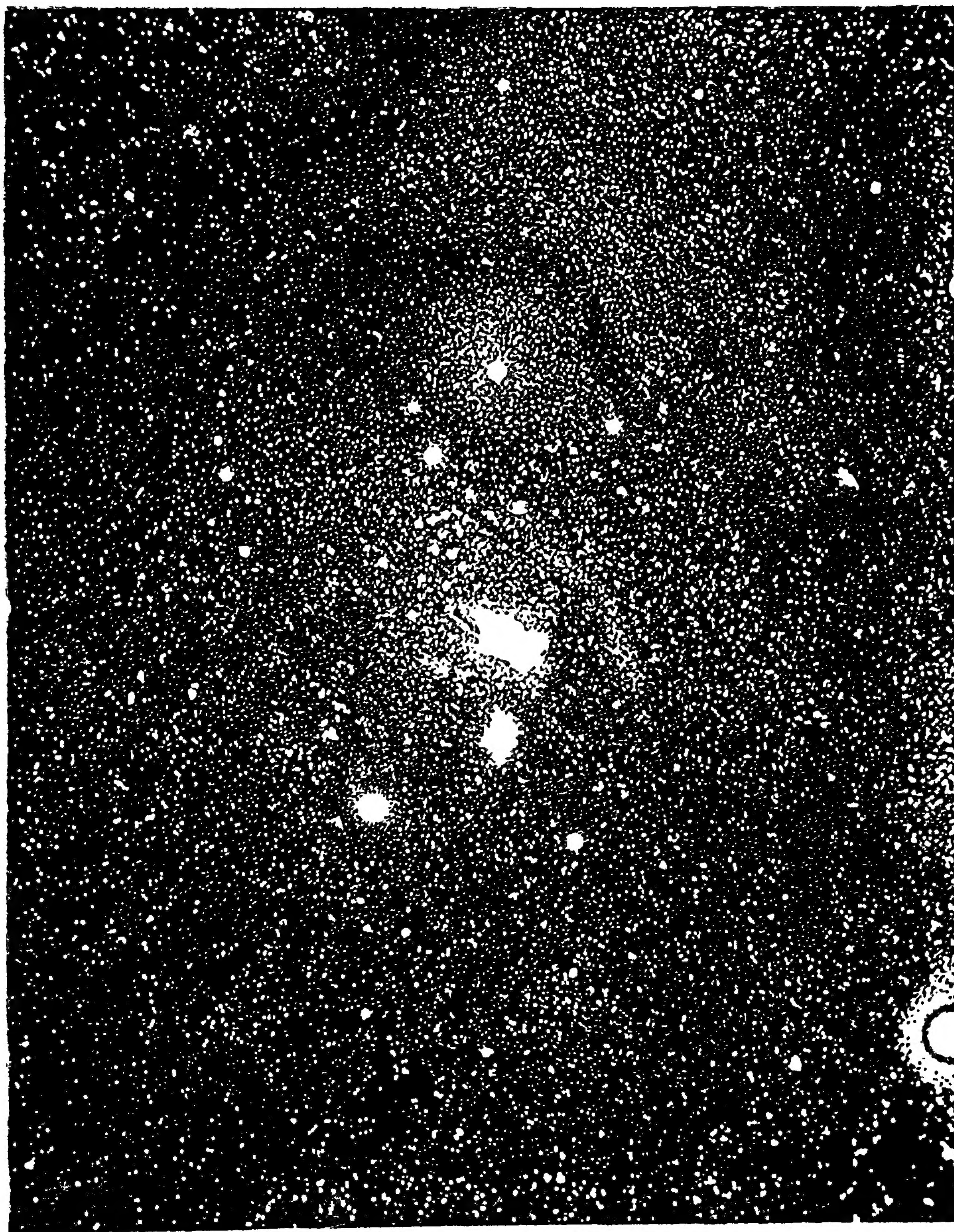


Рис. 1. Область Млечного Пути в созвездии Ориона.

(рис. 1). Если рассматривать Млечный Путь в телескоп, можно различить бесконечное множество близко друг от друга расположенных слабых звёздочек. Сколько же всего звёзд на небе?

Религиозные люди думают, что на небе обитает бог. Для них небо полно таинственности. Религиозные представления зарождались в глубочайшей древности, когда человек чувствовал себя совершенно беспомощным перед непонятными ему явлениями природы; его воображение рисовало повсюду разнообразных богов, то злых, то добрых, то коварных, то заботливых. Как малому ребёнку, древнему человеку казалось, что вся окружающая природа создана специально для него: небесные светила — чтобы светить, Солнце — чтобы согревать и освещать Землю и т. д. Вот почему во всех религиях считается, что Земля — обиталище человека — находится в центре вселенной.

Наука учит, что во вселенной нет и не может быть ничего таинственного, ничего такого, что человеческий ум не мог бы постигнуть. То, что сегодня ещё не объяснено наукой, будет объяснено ею в будущем. Астрономия — наука о небесных светилах — полностью опровергает религиозные вымыслы. Шаг за шагом она раскрывает перед нашим взором научно обоснованную величественную картину разнообразия в строении звёздного мира.

Рассказу о том, как учёные познавали звёздный мир, и посвящена эта книга.

История науки показывает, что чем больше задач решает наука, тем больше возникает новых, столь же интересных и важных. Так происходит и в астрономии.

Иначе и быть не может. Если бы на смену одним, уже решённым вопросам, не возникали новые, то наука остановилась бы в своём развитии. Но наука, как и жизнь, никогда не может остановиться в своём непрерывном движении вперёд.

1. ЗАЧЕМ АСТРОНОМЫ СЧИТАЮТ ЗВЁЗДЫ

С древнейших времён люди научились по расположению звёзд определять своё местонахождение на земной поверхности. Идея этого способа проста.

Представьте себе людей, находящихся в разных местах земного шара (рис. 2). Для каждого человека направление «вниз» будет проходить через центр Земли. На нашем рисунке отвесные линии двух наблюдателей «внизу» пересекаются в центре Земли, а «вверху» расходятся. Направление отвесной линии «вверх» определяет

положение **точки зенита** наблюдателя — точки, которая помещается на небе у него точно над головой. Каждому пункту на земной поверхности соответствует своя отвесная линия и своя точка зенита на небе. Если определить в данный момент, где среди звёзд находится наша точка зенита, то можно узнать, в каком месте земной поверхности мы находимся. Этим, как говорят, мы определим наши **координаты**.

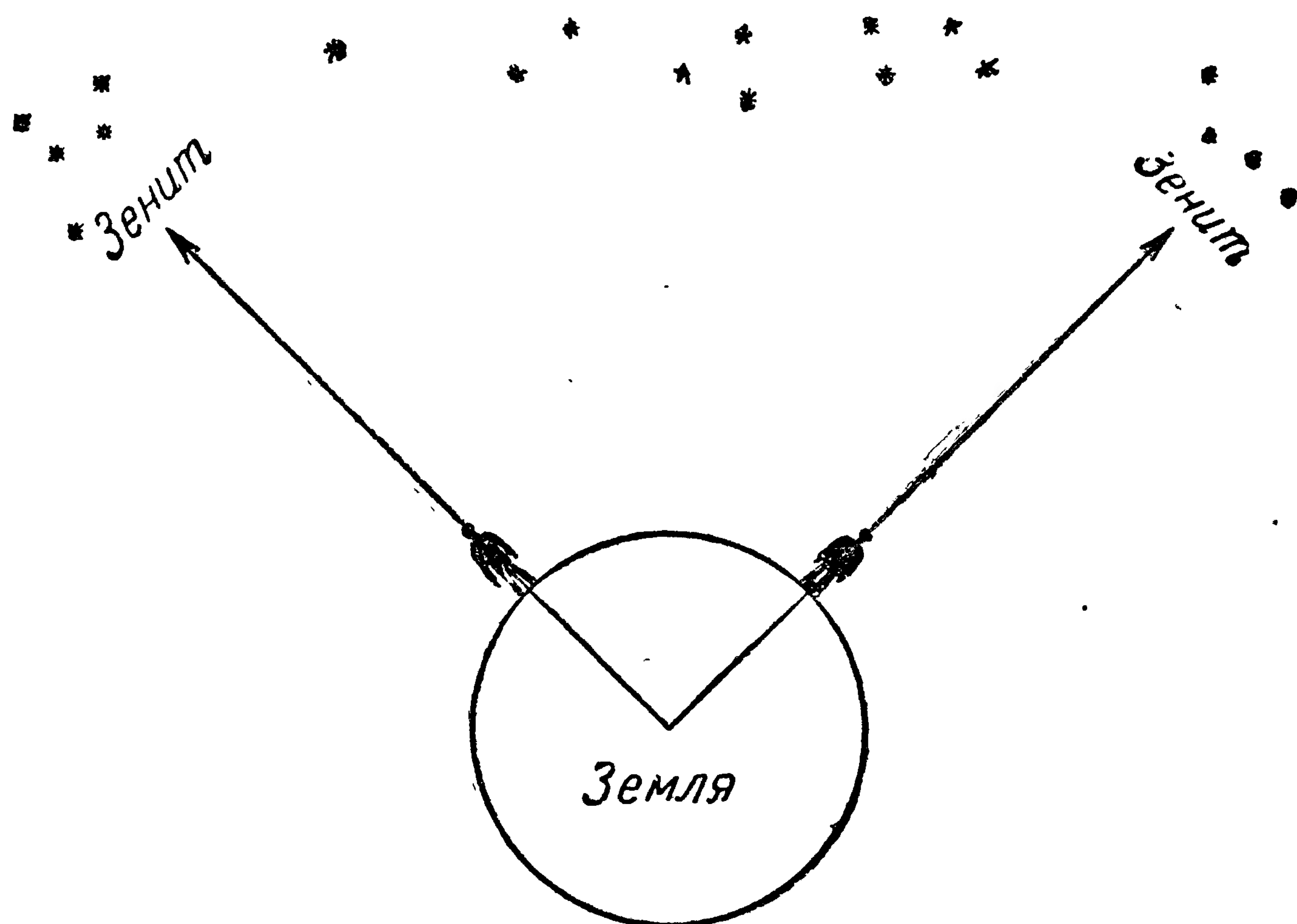


Рис. 2. Точка зенита наблюдателей. находящихся в разных пунктах земного шара, попадает в различные области небосвода.

Земля вращается вокруг своей оси (следствием этого является суточное вращение небесного свода). За сутки она делает один полный оборот, поворачивается на 360 градусов. Следовательно, за один час Земля поворачивается на 15 градусов, за одну минуту — на 15 угловых минут *), за секунду — на 15 угловых секунд и т. д.

Из-за вращения Земли положение точки зенита среди звёзд для наблюдателя всё время меняется, и только для каждого данного момента зенит наблюдателя занимает среди звёзд вполне определённое положение.

---

*) В одном градусе содержится 60 угловых минут, в угловой минуте — 60 угловых секунд.

Следовательно, чтобы определить координаты какой-нибудь точки земной поверхности, нужно точно установить, где среди звёзд находится её зенит и в какой момент это происходит.

Представим себе корабль, плывущий в открытом море, вдали от берегов.

Корабль должен безошибочно найти путь в тот порт, в который он плывёт. Если он собьётся с пути, то может наскочить на подводные камни или сесть на мель. Конечно, у капитана корабля есть компас. По компасу можно держать неизменный курс, т. е. заставить корабль двигаться всё время в одном и том же направлении. Но даже самое правильное направление движения ещё не обеспечивает того, что корабль выйдет прямо к цели своего морского перехода. Ведь его относит в сторону силой ветра и морских течений. Поэтому, чтобы знать, в какую сторону нужно двигаться, необходимо время от времени проверять, где находится корабль в данный момент. А как это узнать, если кругом корабля видны только морские волны?

Вот тут-то и приходят на помощь звёзды. У моряков есть небольшой прибор с подзорной трубой, называемый *секстаном* (рис. 3). Секстан позволяет определять угол между направлениями на какую-нибудь звезду и на зенит. Если установить такие углы не у одной, а у двух или трёх звёзд, положение которых на небе заранее известно, можно точно определить положение зенита, а тем самым и координаты неизвестного места. Таким же путём устанавливают своё место и на суше.

Таким образом, для определения координат необходимо знать точные положения на небе большого числа звёзд. В какой бы части неба ни оказалась точка вашего зенита, по соседству с ней обязательно должно быть несколько звёзд, положение которых известно. По отношению к ним и определяют положение зенита.

Вот почему издавна человек стремился точно определить положения как можно бóльшего числа звёзд.

Списки звёзд с вычисленными положениями на небе называются *звёздными каталогами*.

Ещё в древней Греции астроном Гиппарх, а в Китае Ши-Шен за несколько веков до нашей эры составили первые звёздные каталоги. Каталог Гиппарха содержал около тысячи звёзд, для которых были определены

положения. Позднее этот каталог неоднократно переписывали и дополняли другие древние астрономы.

В XV веке в Средней Азии крупнейший узбекский учёный Улугбек составил свой знаменитый звёздный каталог, который содержал положения более тысячи звёзд. Для этой цели он построил в Самарканде большую астрономическую обсерваторию и в ней с помощью огромных угломерных инструментов с большой точностью определял положения звёзд. Каталог Улугбека позволял определять местонахождение на земной поверхности с точностью до 25—30 километров.

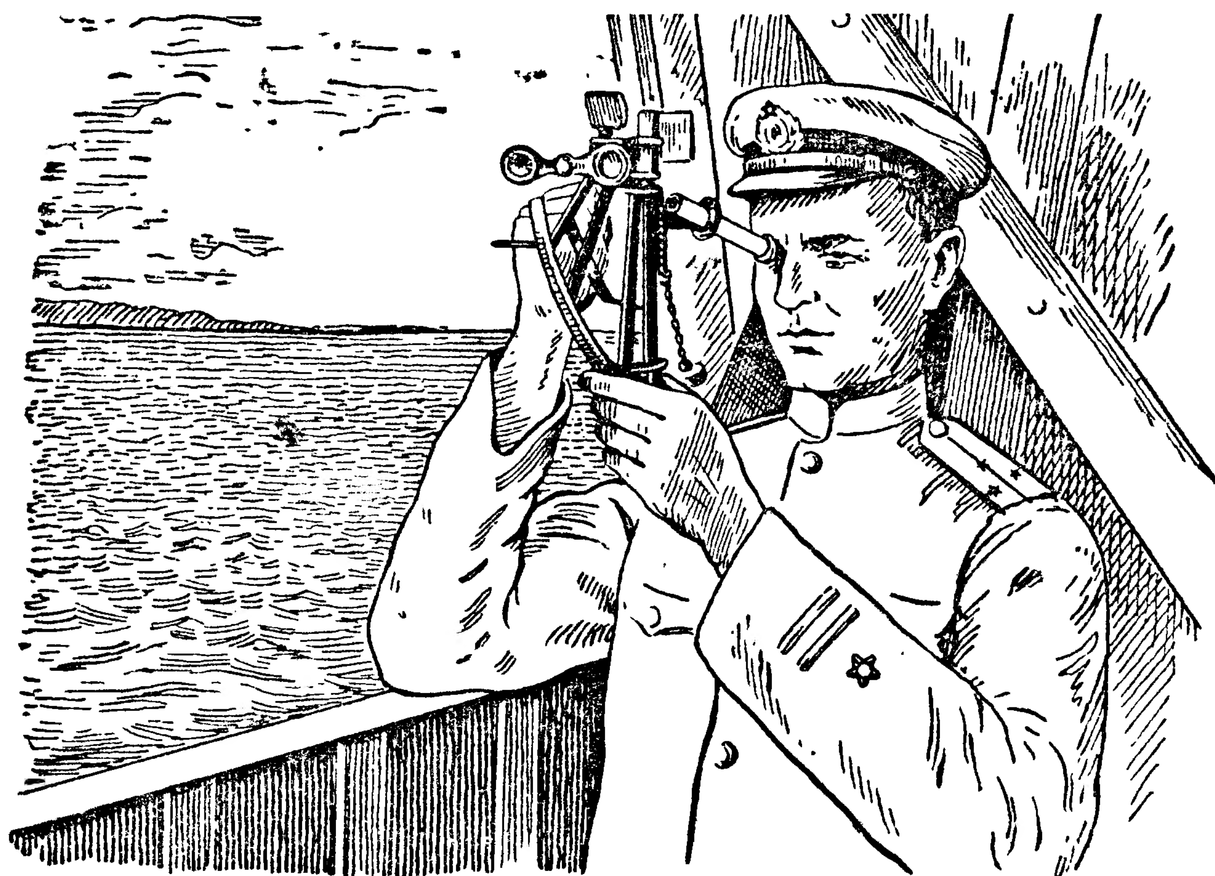


Рис. 3. Наблюдения небесных тел с помощью секстана.

Знания точного положения звёзд на небе требовали и работы, связанные с составлением сухопутных и морских карт.

В России карты государства начали составлять в XVIII веке. В 1727 году в России была основана Астрономическая обсерватория. Наблюдения за звёздами русские учёные проводили в различных местах государства. Вскоре был создан «Атлас Российский», который содержал 19 тщательно изготовленных, очень точных карт.

Большое участие в составлении нового, улучшенного издания «Атласа» принимал великий русский учёный М. В. Ломоносов. В последние семь лет жизни он возглавлял всю работу над «Атласом». По его указаниям первые

русские астрономы А. Д. Красильников, Н. Г. Курганов, Н. И. Попов производили астрономические наблюдения в далёких и опасных экспедициях. А. Д. Красильников, например, участвовал в экспедиции известного мореплавателя Беринга, 13 лет он вёл наблюдения за звёздами на Камчатке.

Благодаря работам русских астрономов картография в России была, как сказал знаменитый математик того времени Эйлер, «приведена в гораздо исправнейшее состояние, нежели география немецкой земли».

В 1839 году близ Петербурга была основана лучшая и самая большая в мире Пулковская астрономическая обсерватория. Она каждые 20 лет стала выпускать новый каталог звёзд.

Пулковские каталоги и до сих пор являются непревзойдёнными по точности. Если в конце XVII века иностранные каталоги позволяли определять местонахождение на земле с точностью до 300—400 метров, то Пулковские каталоги довели точность определения до 2—3 метров!

Однако, как это часто бывает, едва только задача была как будто полностью решена, выяснилось, что возникли новые, неожиданные трудности, требующие для своего разрешения дальнейшего развития науки.

Дело в том, что пользоваться точными положениями звёзд имеет смысл только в том случае, если звёзды остаются действительно неподвижными на своих местах. Раньше так и думали, их и называли «неподвижными звёздами» в отличие от нескольких «блуждающих звёзд», или планет (от греческого слова «планао» — блуждаю). В действительности оказалось, что «неподвижные» звёзды тоже перемещаются по небу, хотя и несравненно медленнее планет. Это новое обстоятельство обнаружилось в начале XVIII столетия. Сравнивая положения отдельных звёзд в новых каталогах с их положениями в каталоге Улугбека или в ещё более древнем каталоге Гиппарха, астрономы установили, что часть звёзд сдвинулась со своих прежних мест.

За две тысячи лет, прошедших со времени составления Гиппархом своего каталога, некоторые звёзды переместились со своих мест на расстояние, равное 1—2 видимым поперечникам Луны. Если бы астрономы не заметили этого и продолжали считать эти звёзды неподвижными,

то при определении с их помощью местонахождения судов в море они ошибались бы при этом на 100—150 километров. Этого, конечно, совершенно достаточно, чтобы сбиться с пути.

Когда астрономы стали проверять положения остальных звёзд, то сразу же выяснилось, что и эти звёзды тоже движутся. Правда, перемещения звёзд очень невелики. Для того чтобы они стали заметны невооружённым глазом, должны пройти тысячи лет. Однако с хорошим телескопом перемещения звёзд можно подметить и даже определить величину их за один год. Годовые перемещения звёзд по небу назвали их **собственными движениями**.

Собственное движение звезды указывает, на какой угол перемещается она в течение одного года. Обычно этот угол измеряется долями угловой секунды. Это очень малая величина. Угол в одну угловую секунду равен углу, под которым видна толщина человеческого волоса с расстояния в 20 метров. Самое большое собственное движение имеет одна из звёздочек в созвездии Змееносца, однако и она перемещается на величину видимого поперечника Луны только за 170 лет.

Перед астрономами встала задача — как можно точнее определить собственные движения звёзд, что дало бы возможность вычислять их положение заранее. Чтобы решить эту задачу, нужно было изучить расположение звёзд в пространстве, т. е. изучить строение звёздного мира. А для этого звёзды нужно было также подсчитать.

2. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ РАЗВЕДКА ЗВЁЗДНОГО МИРА

К концу XVIII века были измерены собственные движения нескольких сотен звёзд. Однако обнаружить какую-либо закономерность в этих движениях астрономам не удалось. На любом участке неба звёзды двигались по-разному.

На рисунке 4 показаны собственные движения девяти ярких звёзд созвездия Северной Короны. Стрелка у каждой звезды показывает величину и направление её собственного движения. Как видно, в этом небольшом созвездии каждая звезда движется по своему пути.

Учёные знали, что в солнечной системе планеты и их спутники движутся по замкнутым путям, которые очень мало отличаются от кругов. Известно было также, что все планеты и большинство их спутников лежат почти в одной плоскости, двигаясь в одну и ту же сторону. Наконец, учёные установили, что скорости тел солнечной системы определённым образом зависят от расстояния между Солнцем и планетой или планетой и спутниками.

В солнечной системе, таким образом, движения тел подчинялись уже известным, вполне определённым законам.

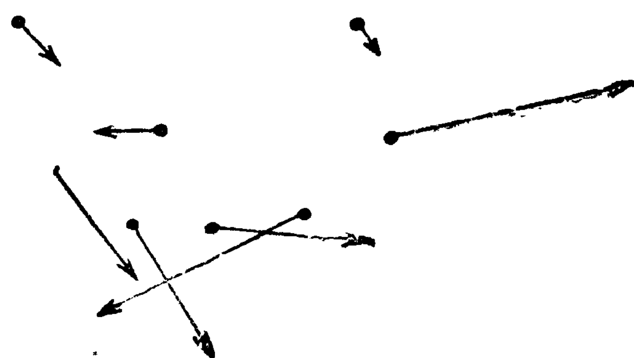


Рис. 4. Собственные движения звёзд в созвездии Северной Короны.

Иным положение было в звёздной системе. Звёздная система имеет неизмеримо бо́льшие масштабы, чем наша солнечная система. И, конечно, в гигантском звёздном мире должны действовать свои законы. Найти закономерность движения звёзд, установить форму, размеры и центр звёздной системы было нелёгким делом.

Для изучения звёздных миров нужны были совершенно новые приёмы исследований. Их надо было найти. Иначе сводилась почти на-нет вся громадная работа по составлению звёздных каталогов, которые необходимы были морякам для вождения кораблей через моря и океаны, геодезистам — для составления точных карт земной поверхности и т. д.

Знание строения звёздного мира расширило бы также границы человеческого познания, вооружило человека в его борьбе за овладение силами природы, в борьбе с религиозными предрассудками.

Но с чего начать исследования?

Обычно, когда собираются начать какую-нибудь большую работу, то прежде чем приступить к ней, проводят предварительную разведку, цель которой заключается в том, чтобы в общих чертах дать представление о масштабах и характере работы.

Что, например, случится, если строитель, задумав строить плотину на реке, не произведёт предварительную геологическую разведку грунта в районе будущей плотины? В лучшем случае ему придётся впоследствии не раз изменять план работы. Но ведь может и оказаться, что плотину в данном месте вообще нецелесообразно строить. И придётся всю работу начинать на новом месте.

Естественно, что и в науке о строении звёздного мира нужно было начинать с предварительной разведки неба.

В 1757 году в Англию из Ганновера эмигрировал немецкий юноша по фамилии Гершель. По профессии он был музыкантом. Уже в зрелом возрасте Вильям Гершель в свободное от музыки время пристрастился к изготовлению астрономических телескопов и достиг в этом деле высокого мастерства.

В телескопы собственного изготовления будущий учёный начал свои наблюдения звёзд.

Гершель не имел специального астрономического образования. Он был чрезвычайно одарённым самоучкой. Этим, с одной стороны, объясняется неутомимость Гершеля в наблюдениях, а с другой стороны, и его некоторые серьёзные ошибки. Увлекаясь какой-нибудь идеей, он не всегда умел достаточно критически подойти к своим научным выводам. А это приводило к ошибочным результатам, что со всей убедительностью показал своими глубокими исследованиями современник Гершеля — великий русский астроном В. Я. Струве. Но об этом мы скажем немного позднее. Пока же рассмотрим то положительное, что дал Гершель, изучая звёздный мир.

Гершелю удалось напасть на единственно правильный путь, который в дальнейшем позволил астрономам проникнуть в тайны строения звёздной системы. Учёный совершенно правильно решил, что изучать каждую отдельную звезду невозможно, да и не нужно — их очень много. Ведь необходимо знать общие законы звёздных движений, а для этого нужно выяснить форму звёздной системы в целом и общий характер размещения звёзд.

Для определения размеров и формы звёздной системы Гершель применил способ, идею которого он выразил так: «Представим себе, что мы гуляем в небольшой роще, в которой деревья растут не особенно густо. Предположим, далее, что, зайдя в чащу, мы забыли, с какой стороны находится опушка. Чтобы найти обратную дорогу, огля-

немся вокруг себя. В той стороне, где находится опушка, мы должны будем видеть между деревьями просветы, густота деревьев будет нам казаться меньшей. Наоборот, в том направлении, где находится лесная чаща, наш взор увидит много деревьев. Таким образом, определяя густоту деревьев в различных направлениях, можно найти дорогу к ближайшей опушке леса».

Гершель считал, что примерно такой же способ применим и для исследования строения звёздной системы, с той лишь разницей, что в роще деревья могут сомкнуться в сплошную стену во всех направлениях, а в звёздной системе этого произойти не может. В самом деле, если бы в каком-нибудь направлении звёзды сомкнулись, то это место на небе было бы сплошь усеяно звёздами. Такой кусочек неба должен был бы светиться с ослепительной яркостью, так как каждая звезда — такое же Солнце, как и наше. Но так как этого не наблюдается, Гершель сделал вывод: видимо, во всех направлениях можно проглядывать звёздную систему до её наружного края.

Какова же форма звёздной системы?

Ещё в 1755 году немецкий философ Иммануил Кант выдвинул предположение, что наша звёздная система должна иметь форму огромного мельничного жёрнова, т. е. быть круглой, если смотреть на неё «сверху», и вытянутой, если смотреть «сбоку». В подтверждение своего предположения он ссылался на вид Млечного Пути. Картина Млечного Пути доказывает, утверждал он, что мы находимся где-то внутри жёрновоподобного роя звёзд. Так как толщина роя намного меньше его длины, то в «поперечном» направлении мы наблюдаем сравнительно мало звёзд. Наоборот, в «продольном» направлении мы видим великое множество звёзд. Эти звёзды и образуют картину Млечного Пути.

Подобно тому как фотографическую карточку нельзя смешивать с тем человеком, которого она изображает, так и Млечный Путь нельзя смешивать с жёрновообразной звёздной системой. Млечный Путь — это только картина звёздной системы, как она представляется нам, находящимся внутри неё. Поэтому астрономы придумали особое название для самой звёздной системы. Они называют её Галактикой, а Млечный Путь — это вид Галактики для наблюдателя, который находится внутри неё.

Гершель задался целью определить форму Галактики. Для этого он использовал один из телескопов собственного изготовления; в него был виден участок неба, равный примерно $^1/_4$ видимого диска Луны. Гершель устанавливал телескоп на определённый участок неба, а затем подсчитывал все звёзды, которые ему удавалось рассмотреть. Он предположил, что чем больше звёзд насчитывалось на каком-нибудь участке неба, тем дальше находится от нас наружный край Галактики.

Однако такой способ не мог дать Гершелю нужных результатов. Участок неба, видимый в телескоп, составлял всего $^1/_{200000}$ поверхности всего неба. Подсчитав для пробы звёзды на нескольких участках, учёный убедился, что для подсчёта всех звёзд на небе ему потребуется не менее 40 лет непрерывной работы. Тогда он решил воспользоваться методами молодой в то время науки — статистики. Применив новые методы, Гершель получил нужные ему результаты за 4 года.



Рис. 5. Модель Галактики по Гершелю.

Чтобы уяснить, как учёный сократил время исследования, приведём пример, который хотя и далёк от астрономии, но тем не менее основывается на тех же законах статистики, которые использовал Гершель.

Предположим, что отдел технического контроля какой-нибудь фабрики решил определить процент брака в партии товара. Для этого нет необходимости открывать все ящики и проверять каждое изделие. Достаточно вскрыть определённое количество ящиков и из каждого опробовать определённую часть изделий. Применив выборочный способ проверки, мы получим такой же результат, который получился бы при проверке всех изделий данной партии товара.

Выборочный способ применяют и в сельском хозяйстве, когда хотят определить урожайность на большой площади посева. Для этого в разных местах всего участка выбирают небольшие площадки и на них определяют вес зерна. Разделив затем общий вес собранного с площадок зерна на их общую площадь, получают урожайность, т. е. вес зерна на единицу площади посева, например на один гектар.

Примерно так же поступил и Гершель. Он подсчитал звёзды на 1083 небольших площадках, расположенных на небе в шахматном порядке, и таким путём выяснил, в каких направлениях наружный край Галактики находится ближе, а в каких дальше.

На основании своих расчётов учёный составил модель нашей звёздной системы, поперечный разрез которой изображён на рисунке 5.

Гершелю удалось нащупать некоторые особенности строения нашей Галактики. Он обнаружил, что Солнце, а вместе с ним и все планеты с их спутниками находятся почти точно в галактической плоскости — так астрономы называют центральную плоскость, которая делит Галактику по её толщине на две половины — «верхнюю» и «нижнюю». Однако Гершелю не удалось проникнуть до краёв Галактики. Он ошибочно считал, что видит всю Галактику, на самом же деле он видел только её малую часть.

У модели Галактики Гершеля не было масштаба: он мог указать только, в каком направлении она простирается дальше, а в каком ближе. Чтобы установить размеры Галактики, ему необходимо было знать расстояние в километрах хотя бы до одной звезды. Много усилий и труда затратил Гершель для того, чтобы измерить это расстояние. Однако все его попытки остались безуспешными. Единственное, что он смог достоверно сказать,— это то, что расстояния между звёздами очень велики. Расстояние от Земли до Солнца, равное 150 млн. *км,* по сравнению с ними ничтожно мало. Указать же, хотя бы приблизительно, какими цифрами выражаются эти расстояния, Гершель не мог. Чтобы решить успешно эту задачу, нужны были иные методы исследования. Необходимо было критически переработать и обобщить достижения всех наук того времени. Для этого нужен был учёный, который смог бы сочетать в себе горячий энтузиазм и знание дела учёного с критическим умом философа. Таким учёным явился знаменитый русский астроном Василий Яковлевич Струве, о работах которого мы расскажем дальше.

Через 25 лет после смерти Гершеля, в 1847 году, В. Я. Струве в своей замечательной книге «Этюды звёздной астрономии», посвящённой изучению строения Галак-

тики, вскрыл ошибочность ряда выводов Гершеля. Этих ошибок Гершель, вероятно, мог бы избежать, если бы он относился более критически к результатам своих исследований.

3. ПОРЯДОК СРЕДИ БЕСПОРЯДКА

Кроме первой попытки определить форму Галактики, Гершелю принадлежит и первая попытка подметить закономерности в движениях звёзд.

Наблюдая беспорядочность собственных движений звёзд, Гершель попытался выяснить, нет ли в них какой-нибудь закономерности, «порядка». При этом он рассуждал так: собственные движения звёзд доказывают, что все они движутся в пространстве. Если Солнце — звезда, то и оно должно двигаться. А движение Солнца непременно отразится на величине и направлении собственных движений остальных звёзд.

Представьте себе, говорил Гершель, что мы идём по лесной дороге. Нас обступают со всех сторон деревья. Впереди дорога теряется в отдалении, и кажется, будто бы деревья смыкаются вдали между собой, не оставляя свободного промежутка. Однако по мере нашего продвижения вперёд мы замечаем, что деревья как бы расступаются перед нами и смыкаются позади нас.

При движении Солнца среди звёзд, рассуждал Гершель, должно происходить примерно то же самое. В той стороне неба, куда движется Солнце, звёзды должны расступаться перед нами, так как и Земля движется вместе с Солнцем. Следовательно, на небе должна быть такая точка, от которой звёзды будут как бы расходиться во все стороны. Эту точку учёный назвал апексом. Наоборот, в диаметрально противоположной точке неба, в антиапексе, должно наблюдаться смещение звёзд к этой точке (рис. 6). Гершель проверил свои предположения и обнаружил, что на небе действительно существуют две такие противоположно лежащие точки. Апекс, по наблюдениям, оказался в северном полушарии неба, в созвездии Геркулеса, а антиапекс — в южном полушарии неба, в созвездии Голубя.

Так Гершель доказал, что Солнце есть такая же звезда, как и все остальные звёзды, и подобно им движется в пространстве.

Свой вывод относительно движения Солнца Гершель сделал на основании наблюдений всего 13 звёзд, собственные движения которых были известны. Поэтому открытие Гершеля было удачной, но предварительной разведкой звёздного неба.

В дальнейшем астрономам пришлось заново переделать работу Гершеля, используя для наблюдений не единицы, а многие сотни звёзд.

Первое научное исследование, окончательно доказавшее движение Солнца, выполнил в России один из спо-

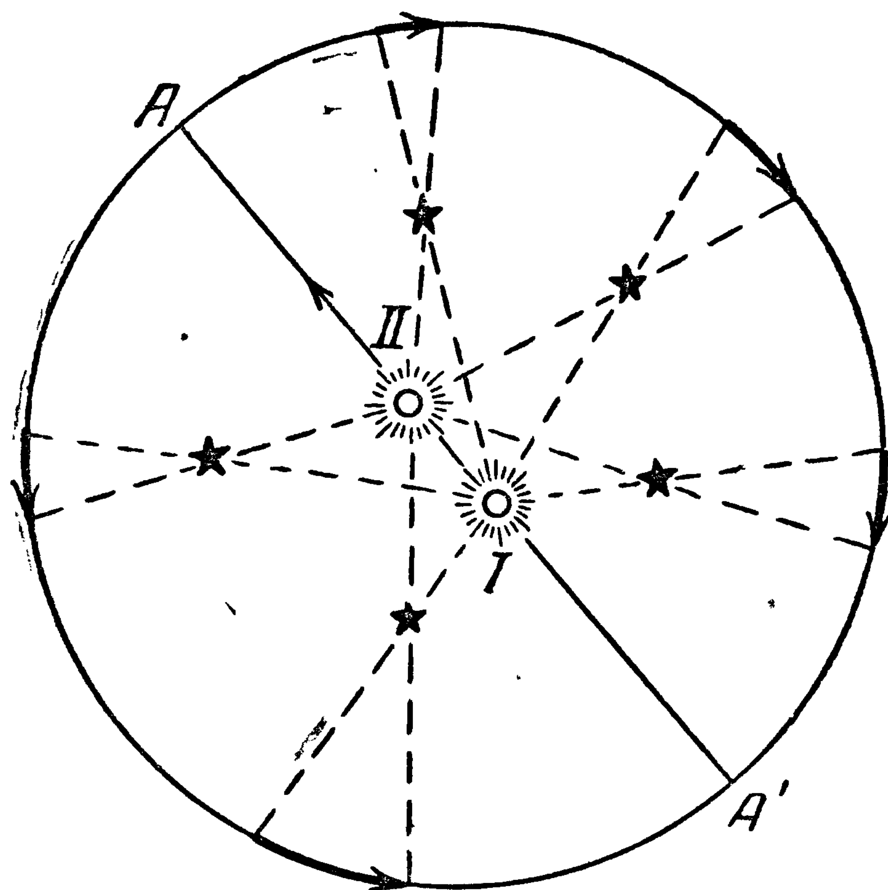


Рис. 6. Движение Солнца среди звёзд. *A* — апекс, *A'* — антиапекс. При перемещении Солнца из положения *I* в положение *II* звёзды на небесной сфере как бы разбегаются от точки *A* к *A'*.

движников В. Я. Струве, астроном Аргеландер. Свою работу он опубликовал в 1837 году.

Открытие движения Солнца дало возможность астрономам перейти в дальнейшем к определению звёздных расстояний.

Учёные рассуждали так: раз звёзды—такие же солнца, как и наше, то, значит, можно хотя бы приблизительно составить представление о звёздных расстояниях. Как это сделать?

Например, можно подсчитать, на каком расстоянии Солнце будет иметь такой же блеск, как и самая яркая из звёзд — Сириус. Оказывается, это расстояние в

113 000 раз больше, чем расстояние от Земли до Солнца. Такой подсчёт (правда, очень неточный) позволил установить, что ближайшие к нам звёзды находятся на расстояниях, приблизительно в 200—300 тысяч раз бо́льших, чем Солнце.

И действительно, впоследствии подтвердилось, что ближайшая к нам звезда находится в 270 000 раз дальше, чем Солнце.

Приблизительный подсчёт звёздных расстояний имел большое значение. Он давал возможность найти приблизительную шкалу масштаба для модели Галактики, составленной Гершелем. Форма нашей звёздной системы, таким образом, постепенно выяснялась.

Однако главная трудность оставалась неустранённой. Раньше, когда звёзды считались неподвижными, каждая звезда служила надёжным основанием при определении местоположения на земной поверхности. Теперь же оказывалось, что на небе нет ни одной неподвижной звезды. Звёздный небосвод, который столько веков казался людям таким прочным, «расползался» во все стороны.

Для расчётов же что-то нужно принимать за «неподвижную» основу на небе. Выход был один. Нужно было довести до конца работу по исследованию формы и строения звёздной системы — Галактики. Тогда, считая Галактику в целом неподвижной, можно определять движение каждой отдельной звезды относительно Галактики. Зная же движение звезды относительно Галактики и место, где она находилась в какой-нибудь определённый момент времени, можно затем путём простого вычисления найти положение звезды в любой другой момент времени. Иначе говоря, зная собственное движение звезды, можно пользоваться ею при расчётах точно так же, как если бы она была неподвижной.

Вот почему во всех современных каталогах для каждой звезды наряду с её положением на небе для какого-нибудь момента времени даётся также и её собственное движение.

Но для того чтобы уметь определять положения звёзд в любой момент времени, необходимо было тщательно исследовать строение Галактики.

Основоположником в этом важном и трудном деле явился также В. Я. Струве.

4. ЗВЁЗДНАЯ АСТРОНОМИЯ ВАСИЛИЯ СТРУВЕ

Василий Яковлевич Струве родился в 1793 году. Свою научную деятельность он начал с работ, имевших важное практическое значение. После Отечественной войны 1812 года выяснилось, что в России нет достаточно точных карт западной пограничной зоны. Струве, в то время профессор Юрьевского (ныне Тартуского) университета, возглавил огромную работу по составлению географической карты всей западной пограничной полосы России от Балтийского до Чёрного моря. Кроме того, на карту были нанесены районы, находящиеся на территории Швеции и Норвегии. Эта работа продолжалась свыше 30 лет. По точности и качеству выполнения карта Струве превзошла все зарубежные. Расстояние на карте между крайними точками, расположенными на побережьях Балтийского и Чёрного морей, превышающее 2000 километров, было измерено с точностью до 12 метров!

В 1839 году, уже зрелым учёным, В. Я. Струве возглавил лучшую в мире и самую большую по тогдашнему времени Пулковскую астрономическую обсерваторию. Для новой обсерватории были заказаны инструменты совершенно новой конструкции, которые позволяли вести наблюдения с невиданной до тех пор точностью. Независимо от этого при наблюдениях соблюдались многочисленные предосторожности, кроме того, были даже изготовлены специальные приборы для исследования малейших ошибок астрономических инструментов. В результате Пулковская обсерватория стала единственным в своём роде научным учреждением, которое даже заграничные учёные того времени называли «Астрономической столицей мира». Вся работа обсерватории была организована по плану, тщательно продуманному Струве на много лет вперёд. И результаты не заставили себя ждать. По точности наблюдений Пулковская обсерватория по всеобщему признанию быстро превзошла все лучшие обсерватории мира. В 1847 году директор английской Гринвичской обсерватории Эри вынужден был признать: «Одно пулковское наблюдение стоит по меньшей мере двух, сделанных где бы то ни было в другом месте». Известный французский астроном Био в 1848 году заявил о Пулковской обсерватории: «Теперь Россия имеет научный памятник, выше которого нет на свете».

По замыслу Струве, вся деятельность Пулковской обсерватории была посвящена развитию звёздной астрономии, достижения которой учёный стремился использовать для практических нужд человека: составления карт, проверки времени и т. д. Особенно тщательно он занимался изучением строения Галактики.

Замечательная точность наблюдений позволила Струве уже в 1837 году определить расстояние до звезды Веги, находящейся в созвездии Лиры. Расстояние от нас до Веги, уточнённое в настоящее время, примерно в 1 700 000 раз больше, чем от Земли до Солнца, и равно 26,1 светового года. Это значит, что луч света, пробегающий за каждую секунду 300 000 *км*, долетит от Веги до нас за 26 лет и один месяц.

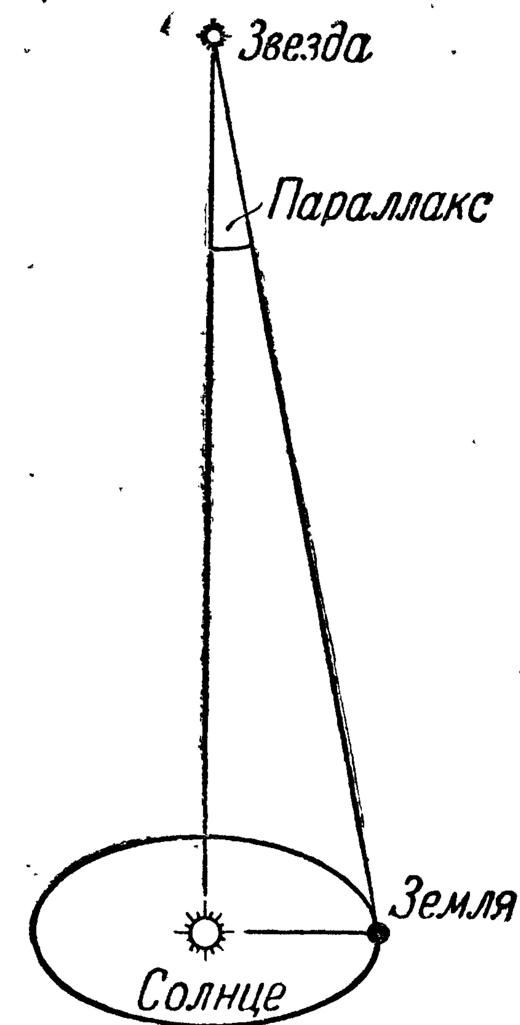


Рис. 7. Параллакс звезды.

Для измерения звёздных расстояний необходима была исключительная точность наблюдений. Нужно было особенно тщательно определять так называемые п а р а л л а к с ы звёзд. Параллаксом называется угол, под которым со светила виден перпендикулярный к лучу зрения радиус земной орбиты (рис. 7).

Измерив параллакс, можно легко найти расстояние до предмета, не прибегая к непосредственному измерению этого расстояния. Возьмём обыкновенный карандаш и будем держать его перед собой на некотором расстоянии. Глядя на карандаш поочерёдно то одним, то другим глазом, мы заметим, что на фоне окружающих предметов карандаш будет как бы перемещаться из стороны в сторону. Чем ближе к глазам карандаш, тем больше это перемещение. Если удалять карандаш от себя, то перемещения будут нам казаться всё меньшими и меньшими. Однако, чем больше будет расстояние между глазами, тем больше будет и смещение. Параллакс как раз и есть тот угол, на который изменяется направление нашего зрения, когда мы рассматриваем предмет то одним, то другим

глазом. Чем больше расстояние до предмета, тем меньше его параллакс.

Такой же приём применяется и при определении расстояний до звёзд. Звезда рассматривается поочерёдно из двух различных точек. Так как расстояния до звёзд очень велики, точки выбирают на возможно бо́льшем расстоянии друг от друга. В этом случае пользуются тем, что Земля, двигаясь вокруг Солнца, каждые полгода оказывается то по одну, то по другую сторону от него. Расстояние между этими крайними положениями Земли равняется поперечнику орбиты Земли — примерно 300 миллионам километров. Но даже и это расстояние весьма незначительно по сравнению со звёздными, поэтому параллаксы звёзд оказываются очень малыми.

Струве измерял углы с точностью до нескольких сотых долей секунды. Если бы с такой же точностью удавалось определять положение точки зенита, то ошибка в определении по звёздам местоположения на земной поверхности не превышала бы 30 сантиметров! Стоило бы только наблюдателю передвинуться на длину одной ступни, и по звёздам можно было бы обнаружить, что он находится на другом месте земной поверхности!

Для достижения такой исключительной точности, необычной даже для астрономов, Струве применил особый способ наблюдения, называемый о т н о с и т е л ь н ы м. До него астрономы, чтобы добиться бо́льшей точности, старались как можно прочнее изготовить инструменты и предохранить их в обсерватории от всяких посторонних влияний. Английский астроном XVIII века Брадлей, например, наглухо привинтил телескоп к массивной каменной стене. Его инструмент стал совершенно неподвижным. Однако это ограничивало поле зрения наблюдений. Брадлей мог рассматривать очень небольшое число звёзд, которые в результате суточного вращения небесного свода время от времени были видны в телескоп. Брадлей тоже пытался определить параллаксы звёзд, но безуспешно. Ничтожные по своей величине изменения в положении телескопа, которые никак невозможно было устранить, тем не менее оказывались достаточными, чтобы совершенно исключить возможность устанавливать параллаксы звёзд. Порывы ветра едва заметно колебали стену, на ничтожные доли миллиметра давал осадку фундамент, под действием собственной тяжести едва заметно

менялась форма металлической трубы телескопа и толстого стекла объектива, изменялись атмосферные условия. Струве, применив относительный способ наблюдения звёзд, избежал всех этих помех.

В чём заключался новый способ наблюдения?

Выясняя параллакс Веги, Струве наблюдал перемещения этой звезды по отношению к другой, слабенькой звёздочке, не имеющей названия. Она находилась очень близко от Веги и в звёздных каталогах числилась просто под одним из номеров. При этом учёный рассуждал так: если в телескопе произойдут какие-нибудь изменения, то они одинаково отразятся как на положениях Веги, так и на положении звёздочки. В результате их относительное расположение, т. е. расположение по отношению друг к другу, не изменится.

Не помешает наблюдению также и изменение атмосферных условий, так как они на маленьком участке неба, где расположены обе звезды, будут приблизительно одинаковыми.

Используя этот способ наблюдений, Струве с большой точностью определил параллакс Веги. Слабенькая звёздочка, рассуждал Струве, находится гораздо дальше Веги, поэтому она будет казаться неподвижной. Вега же, как более близкая к нам звезда, сместится по отношению к звёздочке. Это смещение и будет параллаксом Веги.

Предположения Струве полностью оправдались. В настоящее время относительным способом определены расстояния до 5000 звёзд.

Изучая результаты исследований Гершеля, Струве обратил внимание на то, что английский астроном при изучении звёздного неба не делал различия между звёздами по их яркости. В результате он не учитывал целого ряда важных обстоятельств, а иногда и просто ошибался в своих выводах.

Ещё в древности астрономы разделили все видимые звёзды по яркости на 6 групп. Приблизительно 20 самых ярких звёзд считали звёздами первой величины. Едва различимые невооружённым глазом составили группу звёзд шестой величины.

Впоследствии оказалось, что каждая звезда первой величины светит в сто раз ярче звезды шестой величины. Так как промежуток между первой и шестой вели-

чинами равняется пяти величинам, то изменение блеска звезды на одну величину соответствует уменьшению количества излучаемого ею на Землю света приблизительно в 2,5 раза *).

Чтобы глубже проникнуть в строение Галактики, Струве определил, как возрастает число звёзд, если последовательно подсчитывать группы, объединяющие всё более и более слабые звёзды. Этим Струве положил начало обширным работам по звёздным подсчётам, которые продолжают и теперь советские учёные П. П. Паренаго, Б. В. Кукаркин, В. А. Амбарцумян, Т. А. Агекян и другие.

Звёздные подсчёты позволили нашим учёным не только определить форму и размеры Галактики, но и вычислить общее число составляющих её звёзд, включая даже те, которые по различным причинам остаются ещё не видимыми в самые мощные телескопы.

Подсчёт звёзд, начатый В. Я. Струве, дал возможность в настоящее время «взвесить» Галактику, т. е. определить, сколько тонн вещества в ней содержится. И, наконец, на основе астрономических исследований Струве советские учёные нашли способы изучать даже то совершенно тёмное вещество, которое в виде облаков находится между звёздами, при обычных условиях оставаясь совершенно невидимым.

Об этих исследованиях наших учёных, основанных на звёздных подсчётах, рассказывается дальше в нашей книжке.

5. О ЧЁМ РАССКАЗЫВАЕТ КРИВАЯ ЗВЁЗДНЫХ ПОДСЧЁТОВ

Итак, вместо общего подсчёта всех звёзд, видимых в телескоп, В. Я. Струве последовательно подсчитал, сколько на небе звёзд ярче 4-й, 5-й и т. д. звёздной величины. Результаты подсчёта учёный свёл в небольшую таблицу. Уточнённый нашими астрономами вариант этой таблицы приведён в конце книги.

---

*) Точнее, в 2,512 раза, так как это число, умноженное пять раз само на себя, даёт ровно 100. Поэтому разность в пять звёздных величин указывает, что количество света, посылаемого звездой, уменьшилось ровно в 100 раз.

Таблица состоит из трёх столбцов. В первом указана предельная звёздная величина, т. е. та величина, в пределах которой подсчитаны звёзды. Второй столбец содержит число всех звёзд, блеском не превосходящих предельной величины, указанной в первом столбце. И, наконец, в третьем столбце приведены числа, показывающие, во сколько раз увеличивается число звёзд при переходе от данной предельной величины к следующей.

В таблице только в первых двух строках дано точное число звёзд, подсчитанное по всему небу. В остальных же строках приведены лишь округлённые числа, так как фактические подсчёты звёзд проводились выборочным способом, т. е. не по всему небу, а лишь по отдельным его площадкам. Окончательные результаты для всего неба получались затем путём пересчёта.

Ярче нулевой величины на небе всего две звезды: Сириус — в северном полушарии и Канопус — в южном. Эти звёзды — самые яркие на небосводе. Ярче 1-й величины насчитывается 10 звёзд. С древних времён каждая из них имеет своё имя — Вега, Капелла, Арктур, Альтаир, Бетельгейзе и др. Ярче 2-й величины на небе 41 звезда, ярче 3-й — 138 и т. д. (см. таблицу).

Как видно из таблицы, число звёзд очень быстро возрастает при переходе к более слабым звёздам. Однако, если внимательно присмотреться, число ярких звёзд (верхняя часть таблицы) растёт быстрее, чем число очень слабых звёзд (нижняя часть таблицы). Так, если для звёзд 4-й—6-й величины, которые ещё видны невооружённым глазом, при переходе от одной предельной величины к следующей число звёзд увеличивается почти в 3 раза (точнее, в 2,88 раза), то для более слабых звёзд рост несколько замедляется и становится меньше двух.

На это обстоятельство обратил внимание Струве. В результате перед астрономами возник совершенно новый вопрос, на который Струве до конца не смог ответить и который полностью разрешили только советские астрономы.

В чём заключался этот вопрос?

Можно подсчитать, каков должен был бы быть рост числа звёзд с увеличением предельной звёздной величины, если бы в Галактике звёзды были распространены равномерно. В этом случае несложный расчёт показывает, что при переходе от одной предельной величины к сле-

дующей число звёзд должно было бы всегда возрастать в 3,98 раза как для ярких звёзд, так и для слабых *).

Нередко бывает так, что, казалось бы, совсем незначительное явление оказывается источником очень важных открытий, иногда даже целого переворота в науке.

Нечто похожее произошло и с результатами звёздных подсчётов Струве. Данные своей таблицы он нанёс на график и построил кривую звёздных подсчётов, выражающую рост числа звёзд в зависимости от предельной звёздной величины. На этот же график он нанёс теоретическую кривую, которая соответствовала бы тем данным о росте числа звёзд, которые должны были бы существовать, если звёзды распределялись в окружающем их пространстве равномерно (рис. 8). На рисунке вертикальный масштаб для наглядности выбран так, что теоретическая кривая принимает вид прямой линии. Если бы звёзды распределялись в Галактике равномерно, то кривая звёздных подсчётов совпадала бы с теоретической кривой. На самом же деле она отклоняется от неё вниз, и чем менее ярки звёзды, тем всё больше кривая подсчёта опускается.

Большинство учёных в то время склонялось к такой мысли: уклонение кривой подсчётов объясняется тем, что число звёзд постепенно уменьшается во всех направлениях с увеличением их расстояния. Однако это объяснение не могло удовлетворить Струве. Оно приводило к выводу, что наше Солнце вместе со всеми планетами находится в самой плотной части Галактики, т. е. где-то совсем поблизости от её центра, если не в самом центре. Струве, однако, знал, что Солнце — такая же звезда, как и все другие, и оно ничем не выделяется среди других звёзд. Поэтому он решительно отвергал мысль о том, что Солнце находится якобы в самом центре вселенной или хотя бы Галактики.

---

*) Если предельная величина звёзд увеличивается на единицу, яркость звёзд уменьшается, как мы уже знаем, в 2,512 раза. Это уменьшение блеска звезды соответствует увеличению её расстояния в 1,585 раза, так как настолько мысленно нужно отодвинуть звезду, чтобы её яркость уменьшилась в 2,512 раза. Все звёзды, находящиеся ближе данного предельного расстояния, заполняют объём шара, радиус которого равен этому расстоянию. Если предельное расстояние увеличить в 1,585 раза, то объём шара увеличится в $1,585 \times 1,585 \times 1,585 = 3,981$ раза. Следовательно, во столько же раз должно увеличиться и число звёзд, наполняющих объём шара.

Эта точка зрения, поддерживаемая церковью, высказывалась давно, сразу же после того, как Николай Коперник в 1530 году доказал, что Земля не занимает центрального места во вселенной, а движется вокруг Солнца. Христианская религия, как известно, на протяжении многих веков проповедовала, что Земля является центром вселенной, а человек — «венцом творения» бога. Учение Коперника опровергло это представление. Тогда «отцы церкви» начали «доказывать», что если не Земля, то

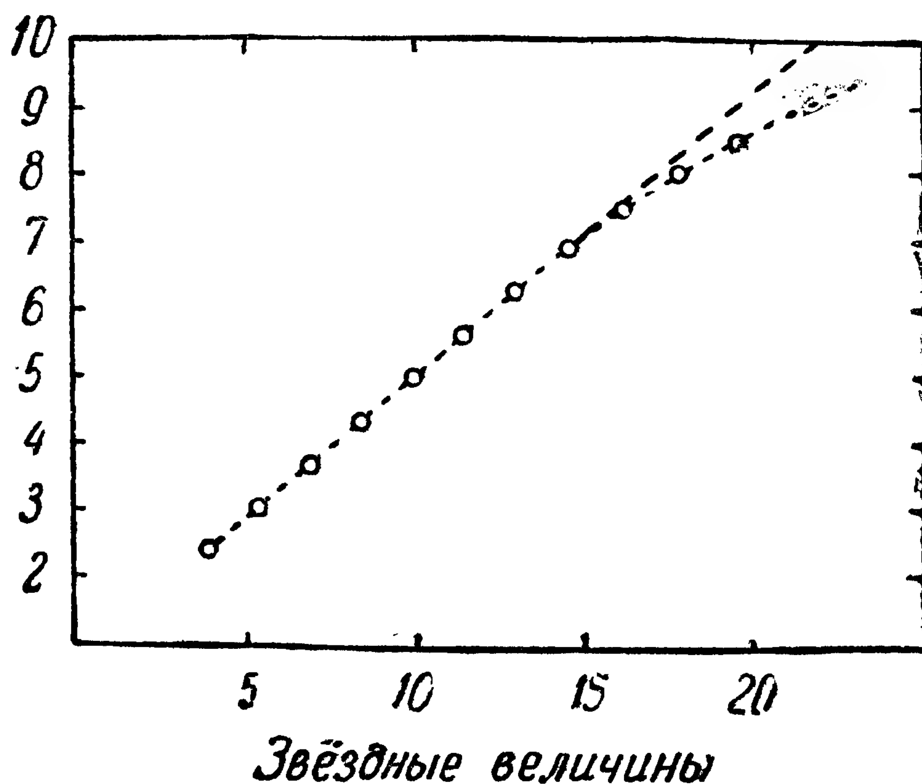


Рис. 8. Кривая звёздных подсчётов. По горизонтальной оси отложены видимые звёздные величины от 4-й до 20-й. Пунктирная линия, проведённая по кружкам, — это кривая звёздных подсчётов, полученная путём наблюдений. Начиная с 15-й звёздной величины эта кривая уклоняется от теоретической.

Солнце — центр вселенной, так как оно согревает и освещает Землю, где совершаются библейские «чудеса».

По мнению древнегреческого философа Аристотеля, учение которого защищала церковь, за пределами вселенной находился «перводвигатель», т. е. сверхъестественный дух, который вращал небеса и двигал планеты.

В Московском государстве до XVII века было распространено учение монаха Козьмы Индикоплевста, который утверждал, что за пределами вселенной находится господь бог и его ангелы, которые-де вертят планеты и поливают землю дождём.

Конечно, представления церкви о строении вселенной ничего общего с наукой не имели.

С развитием науки религиозным выдумкам приходил конец. Однако всякий раз, как только возникал вопрос о центре вселенной, церковь вновь пыталась «доказать», что вселенная не бесконечна. И разумеется, что такой крупный и передовой учёный, как Струве, анализируя кривую звёздных подсчётов, не мог исходить из мысли, что Солнце находится в центре Галактики.

Но чем же тогда объяснить отклонение кривой звёздных подсчётов от теоретической?

Почему уменьшается число звёзд по всем направлениям в Галактике с увеличением их расстояния от Солнца?

На эти вопросы Струве дал простой и единственно правильный ответ: убывание числа звёзд с расстоянием по всем направлениям — явление кажущееся. Оно объясняется поглощением света от звёзд, которое происходит в межзвёздном пространстве. Находящиеся там облака тёмного пылевидного вещества поглощают свет, идущий от звёзд. Тёмное пылевидное вещество, ослабляя свет от звёзд, заставляет нас считать, что они находятся дальше, чем на самом деле. А это значит, что густота звёзд в пространстве или, как говорят астрономы, звёздная плотность принимается нами меньшей, чем она существует в действительности.

Струве по величине наблюдаемого отклонения кривой звёздных подсчётов удалось определить, насколько ослабляется свет звёзд при прохождении через тёмное вещество. Оказалось, что совсем немного. Свету нужно пролететь сквозь тёмные облака огромные расстояния, измеряемые сотнями световых лет, чтобы ослабление света стало хоть немного заметным. Как определил Струве, свет, проходя сквозь тёмные облака расстояние в 35 световых лет, ослабляется всего на один процент.

Открытие Струве тёмного пылевидного вещества, рассеянного в межзвёздном пространстве, полностью подтвердилось лишь в наши дни. Советский учёный академик В. Г. Фесенков установил, что оно очень разрежено: 1 грамм этого вещества находится в объёме, равном 1 миллиарду кубических километров. Таким образом, объём пространства, равный объёму всего земного шара, содержит немногим более одного килограмма этого вещества.

6. НЕВИДИМОЕ ВЕЩЕСТВО ВСЕЛЕННОЙ

Почти за сто лет, прошедших после смерти Струве, астрономическая наука далеко продвинулась вперёд. Открыты были многие новые законы строения звёздной вселенной. Наиболее значительных результатов добились советские учёные.

Для выяснения действительного строения Галактики особенно важно было точно определить величину поглощения света тёмным веществом межзвёздного пространства. Без этого невозможно различить кажущееся изменение звёздной плотности в Галактике от истинного. В самом деле, поскольку Галактика имеет конечные размеры, то очевидно, что по мере приближения к её краям звёздная плотность должна действительно постепенно уменьшаться. Это в свою очередь должно повлиять на отклонение кривой звёздных подсчётов от теоретической кривой. Следовательно, мы не можем считать, что отклонение целиком происходит за счёт поглощения света. Нужно отличить, где кончается поглощение света и где начинается действительное падение плотности. Любой неосторожный подход к учёту поглощения света мог привести к серьёзным ошибкам. Неудивительно поэтому, что советские астрономы приложили так много усилий, чтобы точно измерить количество тёмного вещества в различных местах Галактики.

Но как обнаружить и «взвесить» вещество, которого в огромной Галактике так мало и которое к тому же невидимо?

Этот вопрос подробно исследовали советские учёные О. А. Мельников и Е. К. Харадзе. Они установили, что существуют признаки, по которым можно безошибочно судить не только о присутствии, но и о количестве тёмного вещества в Галактике. Это вещество «выдаёт» себя тем, что все наблюдаемые сквозь него звёзды кажутся чуть более красными, чем в обычных условиях. Мельчайшие частицы-пылинки, из которых состоит вещество, неодинаково пропускают лучи света различных цветов. Из всевозможных световых лучей разных цветов, составляющих белый свет Солнца и звёзд, тёмное вещество больше всего задерживает лучи голубого и зелёного цвета. Лучи красного и жёлтого цвета оно пропускает значительно лучше. Поэтому для наблюдателя звезда кажется тем более крас-

новатой, чем через бо́льшую толщу тёмных облаков проходят её лучи.

Подобное явление можно наблюдать и на Земле.

Каждый замечал, что когда Солнце и Луна находятся низко над горизонтом, то они кажутся более красными, чем когда стоят высоко в небе. Это происходит потому, что лучи Солнца и Луны, прежде чем достигнуть земной поверхности, должны пройти сквозь слой воздуха, образующий нашу атмосферу. При этом, когда лучи находятся на горизонте, они пронизывают более толстый слой атмосферы, так как падают не отвесно, а наклонно к Земле. В воздухе же всегда находится много мелкой пыли, а в более высоких слоях атмосферы содержится и множество мельчайших ледяных кристалликов. Эти частички действуют на свет Солнца и Луны подобно облакам тёмного вещества на свет звёзд: они легко пропускают красные лучи и задерживают синие.

Так небольшое покраснение звёзд позволяет обнаружить наличие тёмного вещества в межзвёздном пространстве. Причём, как мы видели, ослабление света звёзд можно спутать с уменьшением звёздной плотности, что привело бы к серьёзным ошибкам, покраснение же звёзд ни с чем спутать нельзя.

Мельников и Харадзе на основе тщательных исследований выяснили также, что «избыток цвета» звёзд или, как его точнее следовало бы назвать, «избыток красноты» позволяет путём несложного вычисления найти общее поглощение света, т. е. то ослабление яркости звёзд, которое вызывает тёмное вещество. А это дало возможность установить, что́ в наблюдаемых уклонениях кривой звёздных подсчётов зависит от поглощения, а что́ — от действительного изменения звёздной плотности.

Таким путём учёные могут исследовать действительное строение Галактики.

Советские астрономы Н. Ф. Флоря и П. П. Паренаго составили подробную карту звёздного неба, на которой для каждой его точки указана величина поглощения света. Пользуясь этой картой, наши астрономы выяснили теперь точную картину Галактики.

Оказалось, что тёмное вещество рассеяно не по всему объёму Галактики, а расположено внутри неё в виде тонкого плоского слоя.

Вместе с определением формы Галактики астрономы изучают и звёзды, исследуют их внутреннее строение, состав, температуру.

Существуют так называемые переменные звёзды, которые астрономы легко обнаруживают среди остальных звёзд. В их число входит группа звёзд, называемых цефеидами. Эти звёзды как бы «мигают», так как их яркость регулярно то увеличивается, то уменьшается. Период изменения блеска продолжается у цефеид от нескольких часов до нескольких дней.

Среди переменных звёзд существуют такие, которые излучают гораздо больше света, чем наше Солнце: некоторые цефеиды светят в десятки тысяч раз ярче Солнца. Они являются как бы «маяками вселенной». Действительно, огромная яркость такой звезды делает её легко заметной на огромных расстояниях. Как в море далёкие огни маяков помогают морякам находить дорогу, так и переменные звёзды — гиганты среди звёзд — позволяют астрономам ориентироваться в звёздном мире.

Изучая звёзды различных типов, советские астрономы определили их расположение в пространстве. Оказалось, например, что так называемые новые звёзды размещаются лишь поблизости от центральной плоскости Галактики, т. е. главным образом внутри слоя облаков тёмного вещества, а цефеиды с короткими периодами изменения блеска находятся на более дальних расстояниях от этой плоскости.

В 1946 году советские учёные В. А. Амбарцумян, Б. Е. Маркарян и другие доказали, что не все звёзды Галактики имеют одинаковый возраст. В то время как большинство звёзд имеет возраст, исчисляемый десятками миллиардов лет (как, например, Солнце), встречаются и такие звёзды, возраст которых исчисляется всего миллионами, а в отдельных случаях даже сотнями тысяч лет. По сравнению с обычными, эти звёзды находятся сейчас в «младенческом» возрасте. Ведь один миллион лет по сравнению со ста миллиардами — это всё равно, что 5 минут по сравнению с годом...

Таким образом, советские астрономы установили, что в нашей Галактике звёзды образуются и в настоящее время. Этим был нанесён сокрушительный удар по всякого рода вымыслам об одновременном возникновении всех звёзд в Галактике.

7. СКОЛЬКО ЗВЁЗД НА НЕБЕ?

Итак, мы знаем, что астрономы занимаются звёздными подсчётами, что они строят графики кривых, по которым можно определить, сколько на небе звёзд данной звёздной величины. Однако этого ещё недостаточно для того, чтобы ответить на вопрос: сколько же всего звёзд в Галактике, включая и те, которые по слабости своего блеска невидимы даже в самые мощные телескопы.

Как же учёные всё же подсчитали общее число звёзд?

Рассмотрим кривую звёздных подсчётов, проведённых по всему небу (рис. 9). По горизонтальной оси на рисунке отложены значения звёздной величины, начиная

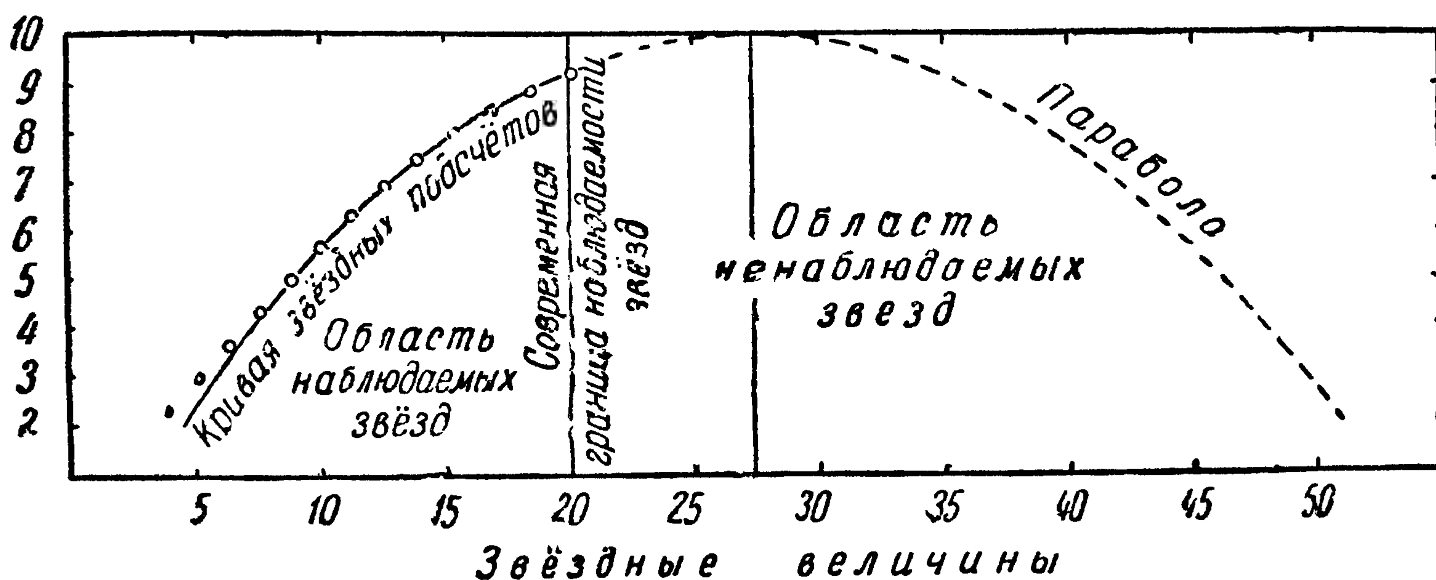


Рис. 9. Кривая звёздных подсчётов для всего неба.

с 5-й и до 50-й. По вертикальной оси для удобства построения отложены не числа звёзд, а некоторые другие с ними связанные числа. Дело в том, что числа звёзд растут слишком быстро с увеличением звёздной величины. При увеличении её всего на одну единицу число звёзд возрастает почти в 3 раза, точнее в 2,88 раза. При увеличении величины на две единицы число звёзд возрастает еще примерно в 3 раза, а всего в $3 \times 3 = 9$ раз. Далее оно возрастёт ещё в 3 раза, т. е. в $3 \times 3 \times 3 = 27$ раз, и т. д. При увеличении звёздной величины на 10 единиц число звёзд возрастёт почти в 40 тысяч раз! Такие большие числа трудно изобразить графически. Поэтому на рисунке 9 вместо числа звёзд на вертикальной шкале указано число, показывающее, сколько раз нужно

умножить число 10 само на себя, чтобы выразить соответствующее данной звёздной величине число звёзд *).

Маленькие кружочки указывают число звёзд, соответствующих каждой звёздной величине. Например, кружок, соответствующий 5-й звёздной величине, второй по счёту слева, стоит на высоте, которой на вертикальной оси соответствует отметка 3. Это означает, что число звёзд 5-й величины равно (приблизительно) 10, помноженному само на себя 3 раза, т. е. $10 \times 10 \times 10 = 1000$. Таким же образом 10-й звёздной величине соответствует вертикальная отметка 5, что означает, что число звёзд 10-й величины составляет $10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 100\,000$ и т. д. Звёзд 20-й величины, которым соответствует вертикальная отметка 9, оказывается уже миллиард!

Если соединить друг с другом кружочки, то получится плавная кривая линия. Но что это за кривая?

На первый взгляд кажется, что на этот вопрос ответить нельзя, так как мы фактически имеем лишь один сравнительно небольшой участок всей кривой звёздных подсчётов — от самых ярких до звёзд 20-й величины. Как идёт кривая звёздных подсчётов для более слабых звёзд, мы пока не знаем, так как они недоступны для наблюдений.

Мы видим, во-первых, что чем больше звёздная величина, тем больше число звёзд, тем выше лежит кривая. Во-вторых, у ярких звёзд кривая поднимается более круто, чем у слабых звёзд. Иначе говоря, рост числа слабых звёзд постепенно замедляется.

Если мы мысленно представим себе, каков же должен быть вид кривой звёздных подсчётов за пределами звёзд 20-й величины, т. е. для звёзд 21-й, 22-й и следующих величин, то придём к выводу, что постепенное замедление роста числа звёзд, которое мы наблюдаем по мере приближения к звёздам 20-й величины, должно рано или поздно полностью приостановиться, а затем и вовсе смениться убыванием.

Этот вывод согласуется с тем, что Галактика, как мы уже знаем, имеет конечные размеры. Если продолжать звёздные подсчёты до 30-й, 40-й и ещё более слабых звёздных величин, то в конце концов мы должны исчерпать все звёзды. А это и означает, что кривая звёздных

*) Это число называется логарифмом.

подсчётов должна достигнуть сначала какого-то максимального значения, а затем начать опускаться вниз всё быстрее и быстрее, пока не вернётся к своему исходному значению.

Наиболее простой кривой, удовлетворяющей всем указанным выше свойствам, является п а р а б о л а.

Различных парабол можно нарисовать очень много. Они все различаются как по крутизне подъёма и спуска, так и по расположению максимальной точки (рис. 10). На какую же из парабол больше всего похожа кривая звёздных подсчётов?

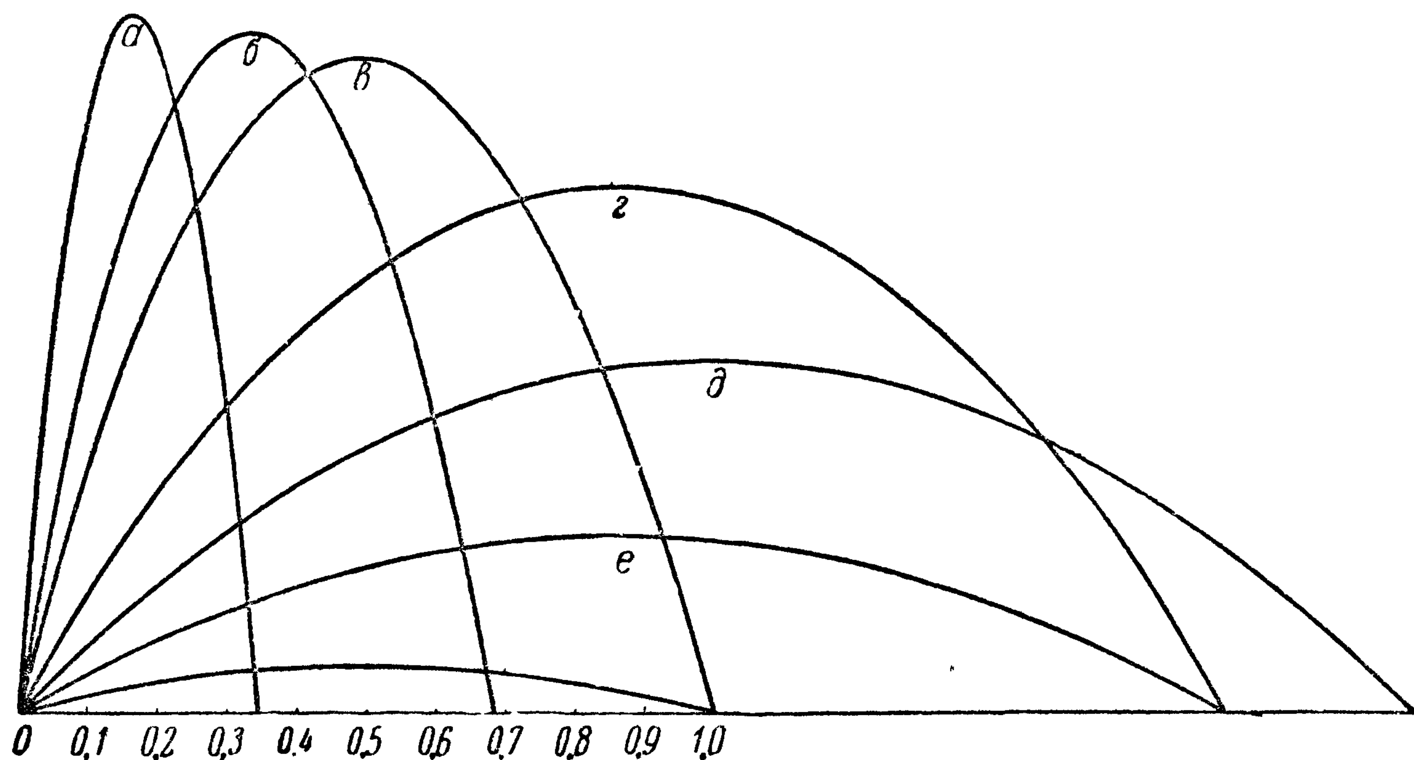


Рис. 10. Различные параболы: *а*, *б*, *в*, *г*, *д*, *е* — максимальные точки.

Очевидно на ту, которая наилучшим образом совпадает с кривой звёздных подсчётов на уже известном её участке, т. е. до 20-й звёздной величины. Если парабола хорошо подойдёт к уже найденной части кривой, то можно считать, что она и на остальном своём протяжении не будет слишком сильно отличаться от найденной нами кривой.

На рисунке 9 пунктирной линией проведена наилучшая парабола. Две вертикальные линии делят график на три неравные части. Первая часть графика на рисунке (слева) соответствует звёздам, доступным наблюдению в современные телескопы. Границей для этих звёзд является приблизительно 20-я звёздная величина. Она отделяет на графике область н а б л ю д а е м ы х звёзд от области н е н а б л ю д а е м ы х з в ё з д.

Вторая вертикальная линия указывает звёздную величину, для которой число звёзд является максимальным. При этой звёздной величине рост числа звёзд прекращается (рис. 9). Оказалось, что такая звёздная величина равна примерно 27. Следовательно, звёзд 27-й величины на небе больше всего.

График показывает также, что пунктирная парабола хорошо совпадает со сплошной кривой, которая построена на основе звёздных подсчётов. Таким образом, можно сделать вывод, что существуют звёзды по меньшей мере 50-й величины, но звёзд больше 60-й звёздной величины в Галактике практически нет.

Наиболее подробно этот вопрос исследовали учёные Т. А. Агекян и П. П. Паренаго, которые, применяя различные методы исследования, независимо друг от друга подобрали наилучшим образом параболу и пришли практически к одинаковым результатам. Построив параболу, учёные тем самым узнали характер кривой звёздных подсчётов на всём промежутке её изменения — от самых ярких до самых слабых звёзд, включая и недоступные наблюдению.

Вот теперь-то и можно было примерно подсчитать, сколько же всего звёзд в нашей Галактике.

По расчётам Т. А. Агекяна и П. П. Паренаго в ней оказалось огромное количество звёзд — 120 миллиардов!

Конечно, это число нельзя считать совершенно точным. Эта цифра, как показывают новейшие исследования Галактики, может быть ошибочной в ту или другую сторону на 10—20 процентов.

Итак, мы приблизительно знаем, сколько всего звёзд в Галактике. Но подсчитали ли мы все звёзды на небе?

Конечно, нет! Ведь наша Галактика не единственная звёздная система во вселенной.

Рассмотрим изображение одной из ближайших к нам звёздных систем-галактик (рис. 11). Она находится в созвездии Андромеды и заметна в виде слабого светлого пятнышка даже невооружённым глазом. В мощный же телескоп видно, что она, подобно нашей Галактике, состоит из огромного числа звёзд. Среди них можно различить мигающие звёзды — цефеиды — и другие переменные звёзды. Их яркость и дала возможность определить расстояние до этой звёздной системы. Оно оказалось равным примерно миллиону световых лет.

На первый взгляд может показаться, что это расстояние очень велико. Однако внимательное изучение показывает, что это не так. При оценке расстояний мы должны учитывать также размеры и самих звёздных систем. Размеры нашей Галактики составляют около 100 тысяч световых лет. Почти такие же размеры имеет и галактика в

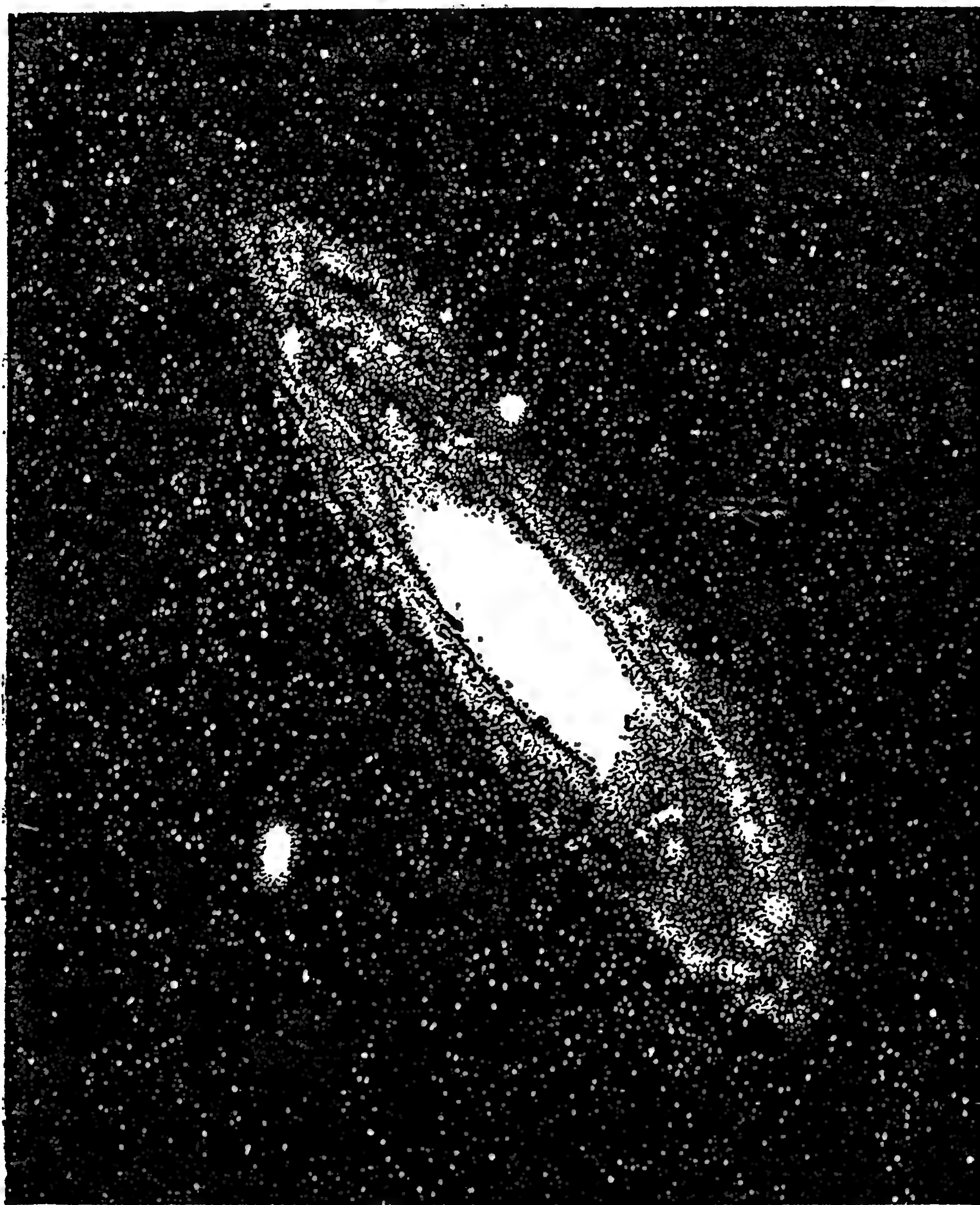


Рис. 11. Галактика в созвездии Андромеды.

созвездии Андромеды. Таким образом, видно, что расстояние между обеими галактиками лишь в 10 раз больше их собственных размеров.

Если для сравнения взять мир звёзд, то получится совсем иная картина. Наше Солнце — рядовой член нашей звёздной системы. Если принять его за образец, то средний радиус звезды будет равен приблизительно

700 000 *км*. Среднее расстояние между звёздами в нашей Галактике составляет около 7 световых лет. Это почти в 90 миллионов раз больше звёздного радиуса. Таким образом, внутри нашей Галактики расстояния между звёздами в десятки миллионов раз больше их собственных размеров.

Чтобы наглядно представить эти размеры, приведём пример. В одном километре содержится миллион миллиметров. Поэтому звёзды, расстояния между которыми в десятки миллионов раз превышают их собственные размеры, можно представить в виде булавочных головок размером в один миллиметр, разбросанных в пространстве на расстоянии в десятки километров одна от другой!

В этом отношении мир звёзд, как мы видим, коренным образом отличается от мира галактик, которых во вселенной, так же как и звёзд, бесчисленное множество (рис. 12). Если принять, что в каждой галактике примерно столько же звёзд, сколько и в нашей, то можно было бы очень быстро сосчитать общее число звёзд на небе, зная общее число галактик во вселенной. Однако подсчитать число галактик нельзя. Вселенная бесконечна!

Учёные для определения числа окружающих нас галактик пытались строить кривую их числа подобно тому, как это делалось для звёзд. В этом случае при уменьшении яркости на одну звёздную величину число галактик увеличивается точно в 3,98 раза. Иначе говоря, кривая подсчётов галактик представляет собой прямую линию, а не кривую линию — параболу, как при подсчёте звёзд.

С помощью крупнейших современных телескопов удаётся получать фотографии галактик на расстоянии до одного миллиарда световых лет. Луч света этих галактик, который с е г о д н я дошёл до нас, пролетел более 99 процентов расстояния раньше, чем на Земле появились первые люди *).

Однако и на таких расстояниях кривая подсчёта галактик продолжает возрастать в 3,98 раза при уменьшении их яркости на одну звёздную величину. На фотографиях, полученных с помощью гигантского телескопа, больше изображений галактик, чем звёзд!

Рост кривой числа галактик в 3,98 раза означает, что густота размещения галактик в пространстве остаётся по-

*) Около 1 миллиона лет назад.

стоянной во всех направлениях (по крайней мере вплоть до расстояний в один миллиард световых лет). О том, что происходит дальше этих расстояний, можно будет точнее узнать, когда возрастёт техническое совершенство астрономических приборов. Однако уже сейчас можно предполагать, что кривая подсчётов галактик должна в общих чертах иметь такой же характер, как и кривая звёзд-



Рис. 12. Скопление галактик в созвездии Пегаса.

ных подсчётов. И подобно тому, как звёзды в своей совокупности образуют галактику, так сами галактики образуют огромную по своим размерам систему, которую астрономы назвали М е т а г а л а к т и к о й. Метагалактика, таким образом,— это гигантское скопление галактик, подобных нашей.

Вот теперь, когда мы ознакомились в общих чертах со строением вселенной, можно дать определённый ответ на вопрос: «Сколько звёзд на небе?»

Если говорить о числе звёзд, входящих в настоящее время в состав нашей Галактики, то их насчитывается около 120 миллиардов.

На всём же небе, т. е. во всей вселенной, звёзд бесчисленное множество, так как число галактик бесконечно и каждая из них состоит из многих миллиардов звёзд.

Во все времена передовые учёные доказывали, что вселенная бесконечна, ибо, если у неё имеется какая-нибудь граница, то сейчас же возникает вопрос — а что же находится за этой границей? Если там нет вещества, нет небесных тел, если там не действуют известные нам законы природы, то это значит, что там находится мир сверхъестественных сил. Именно так и рисуют картину мира все религиозные учения. Но наука не может мириться с верой в сверхъестественные силы. Все её выводы, основанные на данных опыта, практики, глубоко враждебны религии, её вымыслам.

Ведущая роль в исследовании бесконечных глубин вселенной принадлежит советской науке, которая руководствуется единственно верным, великим философским учением Маркса — Энгельса — Ленина — Сталина — диалектическим материализмом.

XIX съезд Коммунистической партии поставил перед советской наукой задачу — занять первое место в мировой науке. И среди многих наших наук, уверенно приближающихся к этой цели, одно из ведущих мест принадлежит советской астрономии.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица

Предельная звёздная величина	Число звёзд на небе ярче данной величины	Во сколько раз увеличивается число звёзд при переходе от данной величины к следующей
4	357	2,88
5	1 030	2,85
6	2 940	2,80
7	8 240	2,77
8	22 800	2,72
9	62 100	2,67
10	166 000	2,61
11	432 000	2,54
12	1 100 000	2,47
13	2 710 000	2,39
14	6 470 000	2,31
15	14 900 000	2,22
16	33 100 000	2,12
17	70 300 000	2,03
18	143 000 000	1,93
19	275 000 000	1,84
20	506 000 000	1,76

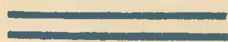
СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
1. Зачем астрономы считают звёзды 5
2. Предварительная разведка звёздного мира 10
3. Порядок среди беспорядка 16
4. Звёздная астрономия Василия Струве 19
5. О чём рассказывает кривая звёздных подсчётов 23
6. Невидимое вещество вселенной 28
7. Сколько звёзд на небе? 31



Цена 60 коп.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

Вып. 21. Г. Н. БЕРМАН. Счёт и число.
Вып. 22. О. А. РЕУТОВ. Органический синтез.
Вып. 23. К. А. ГЛАДКОВ. Дальновидение.
Вып. 24. Н. Г. НОВИКОВА. «Необыкновенные» небесные явления.
Вып. 25. Н. В. КОЛОБКОВ. Грозы и бури.
Вып. 26. А. И. ПОГУМИРСКИЙ и Б. П. КАВЕРИН. Производственный чертёж.
Вып. 27. Проф. Р. В. КУНИЦКИЙ. День и ночь. Времена года.
Вып. 28. Е. В. БОЛДАКОВ. Жизнь рек.
Вып. 29. А. В. КАРМИШИН. Ветер и его использование.
Вып. 30. Г. А. ЗИСМАН. Мир атома.
Вып. 31. В. С. СУХОРУКИХ. Микроскоп и телескоп.
Вып. 32. Н. В. ГНЕДКОВ. Воздух и его применение.
Вып. 33. А. Н. НЕСМЕЯНОВ. Меченые атомы.
Вып. 34. В. Д. ОХОТНИКОВ. В мире застывших звуков.
Вып. 35. С. Г. СУВОРОВ. О чём говорит луч света.
Вып. 36. Г. В. БЯЛОБЖЕСКИЙ. Снег и лёд.
Вып. 37. М. С. ТУКАЧИНСКИЙ. Как считают машины.
Вып. 38. С. Д. КЛЕМЕНТЬЕВ. Управление на расстоянии.
Вып. 39. Л. К. БАЕВ и И. А. МЕРКУЛОВ. Самолёт-ракета.
Вып. 40. Д. О. СЛАВИН. Свойства металлов.
Вып. 41. Проф. В. П. ЗЕНКОВИЧ. Морской берег.
Вып. 42. Проф. С. Р. РАФИКОВ. Пластмассы.
Вып. 43. В. А. ПАРФЁНОВ. Крылатый металл.
Вып. 44. В. А. МЕЗЕНЦЕВ. Электрический глаз.
Вып. 45. Б. Н. СУСЛОВ. Вода.
Вып. 46. И. А. ВАСИЛЬКОВ и М. З. ЦЕЙТЛИН. Кладовые Солнца.
Вып. 47. С. Д. КЛЕМЕНТЬЕВ. Электронный микроскоп.
Вып. 48. Э. И. АДИРОВИЧ. Электрический ток.
Вып. 50. Ф. И. ЧЕСТНОВ. Радиолокация.
Вып. 51. Проф. К. К. АНДРЕЕВ. Взрыв.
Вып. 52. Д. А. КАТРЕНКО. Чёрное золото.
Вып. 53. Г. А. АРИСТОВ. Солнце.
Вып. 54. К. Б. ЗАБОРЕНКО. Радиоактивность.
Вып. 55. А. Ф. БУЯНОВ. Новые волокна.
Вып. 56. М. А. СИДОРОВ. От лучины до электричества.
Вып. 57. И. Г. ЛУПАЛО. Наука против религии.
Вып. 58. А. М. ИГЛИЦКИЙ и Б. А. СОМОРОВ. Как печатают книги.
Вып. 59. В. К. ЩУКИН. Штурм неба.
Вып. 60. А. Ф. ПЛОНСКИЙ. Пьезоэлектричество.
Вып. 61. Ф. Д. БУБЛЕЙНИКОВ. Земля.
Вып. 62. С. А. МОРОЗОВ. По суше, воде и воздуху.
Вып. 63. Г. И. БУШИНСКИЙ. Происхождение полезных ископаемых.
Вып. 64. А. В. ЧУЙКО. Необыкновенный камень.
Вып. 65. А. П. ЛЕБЕДЕВ и А. В. ЕПИФАНЦЕВА. О чём рассказывают камни.
Вып. 66. Проф. К. Ф. ОГОРОДНИКОВ. Сколько звёзд на небе.